

SPIRAL TYPE SEPARATION MEMBRANE ELEMENT AND ITS OPERATION

Publication number: JP2000153270

Publication date: 2000-06-06

Inventor: ANDO MASAOKI; HIROSE MASAHIKO; OBARA TOMOUMI

Applicant: NITTO DENKO CORP

Classification:

- international: **B01D63/10; B01D65/08; C02F1/44; B01D63/10; B01D65/00; C02F1/44;**
(IPC1-7): C02F1/44; B01D63/10; B01D65/08

- European:

Application number: JP19980329209 19981119

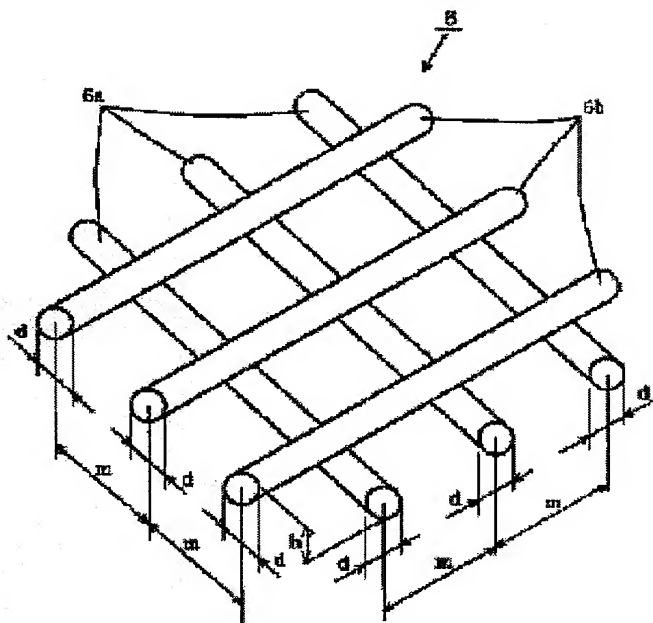
Priority number(s): JP19980329209 19981119

Report a data error here

Abstract of JP2000153270

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spiral type membrane element equipped with an original liquid flow passage material capable of sufficiently suppressing the concentration polarization in the vicinity of a separation membrane, and having high rejection and high permeated liquid quantity, and an operation method therefor.

SOLUTION: In the spiral type separation membrane element formed by winding the separation membrane formed envelope like with the original liquid flow passage material 6 on the outer peripheral surface of a liquid collecting pipe, the original liquid flow passage material 6 is formed mesh like from plural wire rods 6a, 6b. The porosity (p) of the original flow passage material 6, the specific surface area S (mm²/mm³) of the original flow passage material 6, the thickness (h) (mm) of the original flow passage material 6, the wire diameter (d) (mm) of the original flow passage material 6 and the mesh size (m) (mm) of the original flow passage material 6 are set so that the value of a function, $f(d, h, m, p, s)$ calculated by $f(d, h, m, p, s) = h(4m - \pi d) / (m(2 + hS(1 - p)))$ is between 0.20 mm and 1.01 mm.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-153270

(P2000-153270A)

(43) 公開日 平成12年6月6日 (2000.6.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 0 2 F 1/44		C 0 2 F 1/44	C 4 D 0 0 6
B 0 1 D 63/10		B 0 1 D 63/10	C
65/08		65/08	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平10-329209	(71) 出願人	000003964 日東電工株式会社 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号
(22) 出願日	平成10年11月19日 (1998.11.19)	(72) 発明者	安藤 雅明 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
		(72) 発明者	廣瀬 雅彦 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
		(74) 代理人	100098305 弁理士 福島 祥人

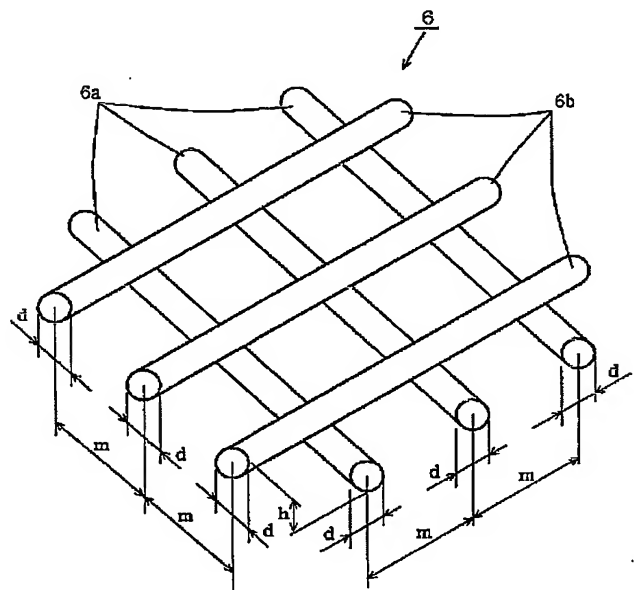
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スパイラル型分離膜エレメントおよびその運転方法

(57) 【要約】

【課題】 分離膜近傍の濃度分極を十分に抑制することができる原液流路材を備えた高阻止率および高透過流量のスパイラル型膜エレメントおよびその運転方法を提供することである。

【解決手段】 集液管の外周面に封筒状に形成された分離膜を原液流路材6とともに巻回してなるスパイラル型分離膜エレメントにおいて、原液流路材6は複数の線材6a, 6bによりメッシュ状に形成される。原液流路材6の空孔率 p 、原液流路材6の比表面積 S [mm⁻¹]、原液流路材6の厚み h [mm]、原液流路材6の線径 d [mm] および原液流路材6のメッシュの大きさ m [mm] を $f(d, h, m, p, S) = h(4m - \pi d) / [m(2 + hS(1 - p))]$ により計算される関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が0.20mm以上1.01mm以下となるように設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 有孔中空管の外周面に封筒状に形成された分離膜を原液流路材とともに巻回してなるスパイラル型分離膜エレメントにおいて、前記原液流路材は複数の線材によりメッシュ状に形成され、前記原液流路材の空孔率を p 、前記原液流路材の比表面積を S [mm^{-1}]、前記原液流路材の厚みを h [mm]、前記原液流路材の線径を d [mm]、前記原液流路材のメッシュの大きさを m [mm]とした場合に、 $f(d, h, m, p, S) = h(4m - \pi d) / [m(2 + hS(1 - p))]$ により計算される関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が 0.20mm 以上 1.01mm 以下であることを特徴とするスパイラル型分離膜エレメント。

【請求項2】 請求項1記載のスパイラル型分離膜エレメントを用いて $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上の浸透圧を有する原液を処理することを特徴とするスパイラル型分離膜エレメントの運転方法。

【請求項3】 前記原液が海水であることを特徴とする請求項2記載のスパイラル型分離膜エレメントの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、逆浸透膜分離装置等の膜分離装置に用いられるスパイラル型分離膜エレメントおよびその運転方法に関する。

【0002】

【従来の技術】超純水の製造、かん水または海水の脱塩、排水処理等の幅広い用途に、スパイラル型分離膜モジュールが用いられている。スパイラル型分離膜モジュールはスパイラル型分離膜エレメントを圧力容器内に収容した構成となっている。

【0003】図3は従来のスパイラル型分離膜エレメントの一部切欠き斜視図である。スパイラル型分離膜エレメント1は、透過液流路材3の両面に逆浸透膜からなる分離膜2を重ね合わせて3辺を接着することにより封筒状膜4を形成し、その封筒状膜4の開口部を集液管5に取り付け、ネット状の原液流路材6とともに集液管5の外周面にスパイラル状に巻回することにより構成される。

【0004】原液7はスパイラル型分離膜エレメント1の一方の端面側から供給される。この原液7は原液流路材6を挟む分離膜2間に形成された原液流路内を流れ、スパイラル型分離膜エレメント1の他方の端面側から濃縮液9として排出される。また、原液7が原液流路材6に沿って流れる過程で分離膜2を透過した透過液8は、透過液流路材3に沿って集液管5の内部に流れ込み、集液管5の端部から排出される。

【0005】原液流路内においては、分離膜2の近傍に分離膜2を透過できなかつた溶質が溜まっており、分離膜2の近傍での原液の濃度が供給された原液7の濃度よ

り高くなる濃度分極が発生する。

【0006】そのため、原液7を原液流路材6によって攪拌し、濃度分極を抑えることが行われている。つまり、原液流路材6は、原液7が通る流路を形成するだけでなく、原液7の攪拌を行い濃度分極を抑制する役割も担っている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、逆浸透膜分離処理の対象となる液が例えばTDS（全溶解性残留物濃度）約 35000ppm および逆浸透圧 $27\text{kgf}/\text{cm}^2$ の海水のような高濃度溶液である場合、分離膜2の近傍の濃度がかなり高くなる。分離膜2の近傍の濃度が高くなれば、逆浸透膜分離処理に必要な有効圧力が実質的に低下し、塩の阻止率および透過水量が低下するといった問題がある。そこで、濃度分極を十分に抑制する必要がある。

【0008】本発明の目的は、分離膜近傍の濃度分極を十分に抑制することができる原液流路材を備えた高阻止率および高透過液量のスパイラル型分離膜エレメントおよびその運転方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段および発明の効果】本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントは、有孔中空管の外周面に封筒状に形成された分離膜を原液流路材とともに巻回してなるスパイラル型分離膜エレメントにおいて、原液流路材は複数の線材によりメッシュ状に形成され、原液流路材の空孔率を p 、原液流路材の比表面積を S [mm^{-1}]、原液流路材の厚みを h [mm]、原液流路材の線径を d [mm]、原液流路材のメッシュの大きさを m [mm]とした場合に、 $f(d, h, m, p, S) = h(4m - \pi d) / [m(2 + hS(1 - p))]$ により計算される関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が 0.20mm 以上 1.01mm 以下であることを特徴とする。

【0010】原液流路材を分離膜で挟んで形成される原液流路における流れの状態は、異なる原液流路材を用いた場合でも、その原液流路材の各部の寸法関係により、同一の状態となることがある。そのため、原液流路材の各部の寸法を1つの関数としてまとめ、その関数を評価することにより、原液流路材の評価が容易となる。

【0011】関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値は、原液流路材を分離膜で挟んで形成される原液流路を管路に置きかえた場合の管の直径を示している。したがって、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値を評価することにより、原液流路材の総合的な評価が可能である。

【0012】原液流路材の攪拌効果により濃度分極を抑制するためには、原液が通過する流路を狭くし、原液の線速を上げることが望ましい。一方、原液が通過する流路が狭くなりすぎると、原液の流路抵抗が増加する。それにより、原液が十分に流れなくなり、分離膜性能が低

下する。

【0013】本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントに用いられる原液流路材では、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が 1.01 mm 以下であるので、原液流路材の攪拌効果により濃度分極を十分に抑制することができる。また、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が 0.2 mm 以上であるので、原液が通過する流路が十分に確保され、原液の流路抵抗が増加しない。それにより、原液が十分に流れ、高い分離膜性能が得られる。したがって、高阻止率および高透過流量が実現される。

【0014】特に、原液流路材の厚み h は 0.2 mm 以上 0.8 mm 以下であることが好ましい。それにより、十分な攪拌効果により濃度分極を抑制するとともに、原液の流路抵抗の増加を抑制し、高い分離膜性能を得ることができる。

【0015】また、原液流路材の線径 d は 0.1 mm 以上 0.4 mm 以下であることが好ましい。それにより、十分な攪拌効果により濃度分極を抑制するとともに、原液の流路抵抗の増加を抑制し、高い分離膜性能を得ることができる。

【0016】さらに、原液流路材の空孔率 p は 60% 以上 92% 以下であることが好ましい。それにより、十分な攪拌効果により濃度分極を十分に抑制することができる。

【0017】また、原液流路材のメッシュの大きさ m は 1 mm 以上 3 mm 以下であることが好ましい。それにより、十分な攪拌効果により濃度分極を抑制するとともに、原液の流路抵抗の増加を抑制し、高い分離膜性能を得ることができる。

【0018】また、原液流路材の比表面積 S は 10 mm^{-1} 以上 40 mm^{-1} 以下であることが好ましい。それにより、十分な攪拌効果により濃度分極を抑制するとともに、原液の流路抵抗の増加を抑制し、高い分離膜性能を得ることができる。

【0019】本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントの運転方法は、上記のスパイラル型分離膜エレメントを用いて 5 kg f/cm^2 以上の浸透圧を有する原液を処理することを特徴とする。

【0020】この場合、原液流路材の十分な攪拌効果が得られるので、溶質の阻止率および透過流量が高くなる。

【0021】また、原液が海水であってもよい。この場合、原液流路材の十分な攪拌効果が得られるので、塩の阻止率および透過水量が高くなる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントの全体の構造は、図3に示した従来のスパイラル型分離膜エレメントの構造と同様であるが、原液流路材が異なる。図1は本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントに用いられる原液流路材の一部拡大斜視図で

ある。図2は図1の原液流路材の一部を取り出した流路材要素の拡大斜視図である。

【0023】図1に示すように、原液流路材6は、同一の直径 d を有する複数の線材6aおよび複数の線材6bからなる。ピッチ m で等間隔に並べられた複数の線材6aと、同様にピッチ m で等間隔に並べられた複数の線材6bとが互いに直交するように重ねられることにより原液流路材6が形成される。そして、原液流路材6を分離膜（図示せず）で挟むことにより原液流路が形成される。図1の例では、原液流路材6の線材6a間のピッチ m または線材6b間のピッチ m がメッシュの大きさに相当する。

【0024】図2の流路材要素10は図1の線材6aおよび線材6bを軸線に沿って垂直に切断することにより形成された矩形の単位要素の1つである。原液流路内の流れの状態は、流路材要素10内を繰り返し流れる流れの状態と同じである。このように一定の空間を繰り返し流れる流れは、水力学的直径 d_h の管路内の流れに置き換えることができることが知られている。水力学的直径 d_h [mm] は、次式で表される。

【0025】

【数1】

$$d_h = \frac{4p}{\frac{2}{h} + (1-p)S} \quad \dots (1)$$

【0026】ここで、 p は空孔率 [無次元]、 h は原液流路材6の厚み [mm]、 S は比表面積 [mm^{-1}] である。

【0027】また、空孔率 p は次式で表される。

【0028】

【数2】

$$\begin{aligned} p &= 1 - \frac{V_{sp}}{V_{tot}} \\ &= 1 - \frac{0.5\pi d^2 m}{m^2 h} \\ &= 1 - \frac{0.5\pi d^2}{m h} \quad \dots (2) \end{aligned}$$

【0029】ここで、 V_{sp} は原液流路材6の線材の体積 [mm^3]、 V_{tot} は原液流路材6の線材および線材間の空間からなる原液流路材6の全体積 [mm^3] である。また、 d は原液流路材6の線径 [mm]、 m は原液流路材6のメッシュの大きさ [mm] である。図2の流路要素10では、厚み h は線材6a、6bの直径 d の2倍であるので、上式(2)は次式のようにになる。

【0030】

【数3】

$$p = 1 - \frac{0.5\pi d^2}{m \cdot 2d}$$

$$= 1 - \frac{\pi d}{4m} \quad \dots (3)$$

【0031】さらに、上式(1)の分子の空孔率 p へ上式(3)を代入することにより、水力学的直径 d_h は次式のようになる。

【0032】

【数4】

$$d_h = \frac{h(4m - \pi d)}{m[2 + (1-p)Sh]}$$

$$= f(d, h, m, p, S) \quad \dots (4)$$

【0033】なお、比表面積 S は、原液流路材6の線材6a、6bの表面積を S_{sp} とすると、 $S = S_{sp}/V_{sp}$ によって求められる。

【0034】上式(4)は、原液流路材6の線径 d 、厚み h 、メッシュの大きさ m 、空孔率 p または比表面積 S が異なる場合でも、水力学的直径 d_h すなわち関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が同一ならば流路としては同一であることを示している。したがって、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値により原液流路材6の総合的な評価が可能となる。

【0035】原液流路材6の攪拌効果により濃度分極を抑制するためには、原液が通過する流路を狭くし、原液の線速を上げることが望ましい。そのためには、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値の範囲を1.01mm以下にすることが好ましい。しかし、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が0.2mm未満になると、原液が通過する流路が狭くなり、原液の流路抵抗が増加し、原液が十分に流れなくなり、分離膜性能が低下する。したがって、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値は0.2mm以上1.01mm以下に設定する。

【0036】原液流路材6の厚み h が0.8mmよりも大きいと、原液が通過する流路が広くなりすぎ、原液流路材6による攪拌効果が低くなり、濃度分極が促進される。一方、原液流路材6の厚み h が0.2mmよりも小さいと、原液が通過する流路が狭くなりすぎ、原液の流路抵抗が増加する。それにより、原液が原液流路を十分に流れなくなり、分離膜性能が低下する。したがって、原液流路材6の厚み h は0.2mm以上0.8mm以下であることが好ましく、0.4mm以上0.75mm以下であることがより好ましく、0.6mm以上0.7mm以下であることがさらに好ましい。

【0037】また、原液流路材6の線径 d が0.1mmより小さいと、原液流路材6が薄くなるため、原液が通過する流路が狭くなる。それにより、原液の流路抵抗が増加し、原液が十分に流れなくなり、分離膜性能が低下

する。一方、原液流路材6の線径 d が0.4mmよりも大きいと、原液流路材6の厚みが厚くなるため、原液が通過する流路が広すぎて、原液流路材6による攪拌効果が低くなり、濃度分極が促進される。したがって、原液流路材6の線径 d は0.1mm以上0.4mm以下であることが好ましい。

【0038】さらに、原液流路材6の空孔率 p が60%よりも小さい場合または92%よりも大きい場合には、原液の攪拌作用が低下し、濃度分極を抑制することができない。したがって、原液流路材6の空孔率 p は60%以上92%以下であることが好ましい。

【0039】また、原液流路材6のメッシュの大きさ m が1mmよりも小さいと、原液流路材6の目が詰まりすぎて原液の流路抵抗が発生し、それにより攪拌作用が低下し、濃度分極を抑制することができない。一方、原液流路材6のメッシュの大きさ m が3mmよりも大きいと、原液の攪拌作用が低下し、濃度分極を抑制することができない。したがって、原液流路材6のメッシュの大きさ m は1mm以上3mm以下であることが好ましい。

【0040】また、原液流路材6の比表面積 S が10mm⁻¹よりも小さいと、原液の攪拌作用が低下し、濃度分極を抑制することができない。一方、原液流路材6の比表面積 S が40mm⁻¹よりも大きいと、原液の流路抵抗が発生する。したがって、原液流路材6の比表面積 S は10mm⁻¹以上40mm⁻¹以下であることが好ましい。

【0041】なお、本発明は、上記のように矩形形状のメッシュを有する原液流路材6を備えたスパイラル型分離膜エレメントに限らず、ひし形、その他多角形等の形状のメッシュを有する原液流路材を備えたスパイラル型分離膜エレメントにも同様に適用することができる。

【0042】

【実施例】[実施例1] $f(d, h, m, p, S) = 0.87$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.63mm、線径 d は0.32mm、空孔率 p は92%、メッシュの大きさ m は3mm、比表面積 S は12.5mm⁻¹である。なお、逆浸透膜には日東電工株式会社製NTR-70SWCを用いた。

【0043】このスパイラル型逆浸透膜エレメントを用いて、TDS35000ppm、浸透圧27kgf/cm²の海水を圧力56kgf/cm²、濃縮水流量85L/min、温度25℃、pH6.5の条件で60分間の透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.75%、透過水量は0.60m³/m²/日であった。

【0044】[実施例2] $f(d, h, m, p, S) = 1.01$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.80mm、線径 d は0.40mm、空孔率 p は90%、メッシュの大きさ m は3mm、比表面積 S は10mm⁻¹である。

【0045】実施例2のスパイラル型逆浸透膜エレメントは、原液流路材を除いて実施例1のスパイラル型逆浸透膜エレメントと同一である。また、実験条件も実施例1と同一にして、透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.73%、透過水量は $0.57\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

【0046】[実施例3] $f(d, h, m, p, S) = 0.56$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.40mm、線径 d は0.20mm、空孔率 p は92%、メッシュの大きさ m は2mm、比表面積 S は 20 mm^{-1} である。

【0047】実施例3のスパイラル型逆浸透膜エレメントは、原液流路材を除いて実施例1のスパイラル型逆浸透膜エレメントと同一である。また、実験条件も実施例1と同一にして、透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.78%、透過水量は $0.64\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

【0048】[実施例4] $f(d, h, m, p, S) = 0.49$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.80mm、線径 d は0.40mm、空孔率 p は69%、メッシュの大きさ m は1mm、比表面積 S は 10 mm^{-1} である。

【0049】実施例4のスパイラル型逆浸透膜エレメントは、原液流路材を除いて実施例1のスパイラル型逆浸透膜エレメントと同一である。また、実験条件も実施例1と同一にして、透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.76%、透過水量は $0.61\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

【0050】[比較例1] $f(d, h, m, p, S) = 1.02$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.81mm、線径 d は0.41mm、空孔率 p は93%、メッシュの大きさ m は4mm、比表面積 S は 9.7 mm^{-1} である。

【0051】比較例1のスパイラル型逆浸透膜エレメントは、原液流路材を除いて実施例1のスパイラル型逆浸透膜エレメントと同一である。また、実験条件も実施例1と同一にして、透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.65%、透過水量は $0.56\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

【0052】[比較例2] $f(d, h, m, p, S) = 0.19$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.12mm、線径 d は0.06mm、空孔率 p は95%、メッシュの大きさ m は1mm、比表面積 S は 67 mm^{-1} である。

【0053】比較例2のスパイラル型逆浸透膜エレメントは、原液流路材を除いて実施例1のスパイラル型逆浸

透膜エレメントと同一である。また、実験条件も実施例1と同一にして、透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.52%、透過水量は $0.50\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

【0054】比較例2に用いたスパイラル型逆浸透膜エレメントは原水流路材の厚み h が0.2mm以下であり、流路抵抗が大きく、そのため分離性能が低下した。

【0055】[比較例3] $f(d, h, m, p, S) = 1.25$ となる原液流路材を用いて8インチ径のスパイラル型逆浸透膜エレメントを作製した。原液流路材の厚み h は0.8mm、線径 d は0.4mm、空孔率 p は95%、メッシュの大きさ m は6mm、比表面積 S は 10 mm^{-1} である。

【0056】比較例3のスパイラル型逆浸透膜エレメントは、原液流路材を除いて実施例1のスパイラル型逆浸透膜エレメントと同一である。また、実験条件も実施例1と同一にして、透過実験を行ったところ、塩の阻止率は99.48%、透過水量は $0.47\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ であった。

【0057】比較例3に用いたスパイラル型逆浸透膜エレメントはメッシュの大きさ m が3mm以上であり、十分な攪拌効果が得られないので、濃度分極を抑制することができず、そのため分離性能が低下した。

【0058】実施例1～4および比較例1の結果を比較すると、塩の阻止率は、実施例1～4では99.73～99.78%であり、比較例1では99.65%であった。これを透過率で比較すると、実施例1～4は比較例1の約1.3～1.6倍となる。また、透過水量でも実施例1～4は比較例1に比べて数%の向上がみられた。

【0059】実施例1～4および比較例1より関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が1.01mm以下となるように原液流路材の線径 d 、厚み h 、メッシュの大きさ m 、空孔率 p および比表面積 S を定めることが好ましいことがわかる。

【0060】また、実施例1～4および比較例2より、関数 $f(d, h, m, p, S)$ の値が0.20mm以上となるように線径 d 、厚み h 、メッシュの大きさ m 、空孔率 p および比表面積 S を定めることが好ましいことがわかる。

【0061】上記のように、本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントを用いて浸透圧 5 kgf/cm^2 以上の原液を逆浸透膜分離処理した場合に、分離膜の近傍での濃度分極を十分に抑制することにより、高い分離膜性能を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

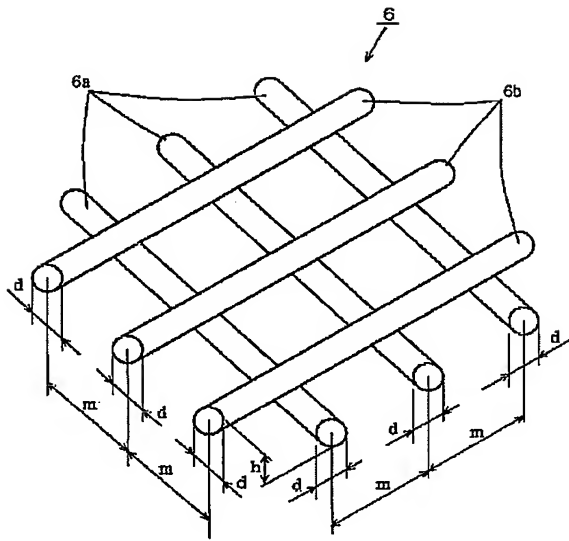
【図1】本発明に係るスパイラル型分離膜エレメントに用いられる原液流路材の一部拡大斜視図である。

【図2】図1の原液流路材の一部を取り出した流路材要素の拡大斜視図である。

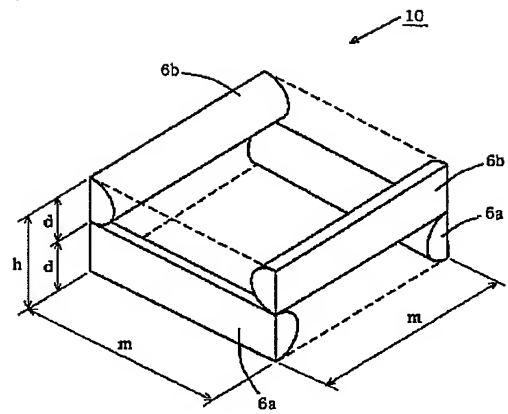
【図3】従来のスパイラル型分離膜エレメントの一部切

欠き斜視図である。

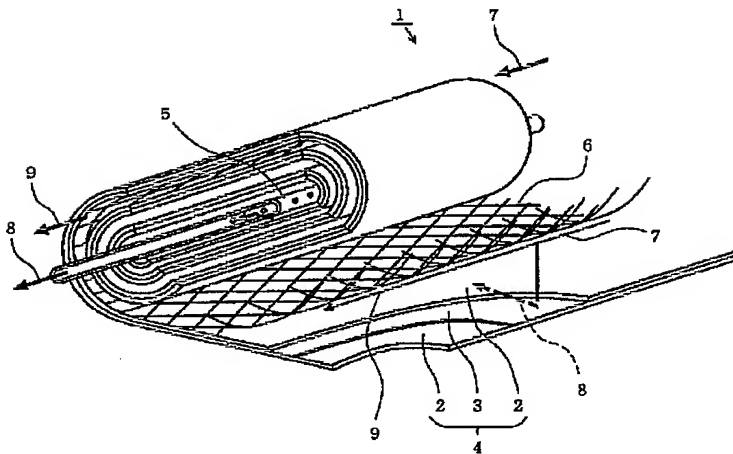
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 小原 知海
大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東
電工株式会社内

Fターム(参考) 4D006 GA03 HA61 JA05A JA05B
JA33A JA33B KA41 MA03
PA02 PB03